

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.) berasal dari Afrika Barat. Tetapi ada sebagian berpendapat justru menyatakan bahwa kelapa sawit berasal dari kawasan Amerika Selatan yaitu Brazil. Hal ini karena spesies kelapa sawit banyak ditemukan di daerah hutan Brazil dibandingkan Amerika. Pada kenyataannya tanaman kelapa sawit hidup subur di luar daerah asalnya, seperti Malaysia, Indonesia, Thailand, dan Papua Nugini. Bahkan, mampu memberikan hasil produksi perhektar yang lebih tinggi (Fauzi *et al.*, 2012).

Kelapa sawit pertama kali diperkenalkan di Indonesia oleh pemerintah kolonial Belanda pada tahun 1848. Ketika itu ada empat batang bibit kelapa sawit yang dibawa dari Maritius dan Amsterdam untuk ditanam di Kebun Raya Bogor. Tanaman kelapa sawit mulai diusahakan dan dibudidayakan secara komersial pada tahun 1911. Perintis usaha perkebunan kelapa sawit di Indonesia adalah Adrien Haller, seorang berkebangsaan Belgia yang telah belajar banyak tentang kelapa sawit di Afrika. Budidaya yang dilakukannya diikuti oleh K. Schadt yang menandai lahirnya perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Sejak saat itu perkebunan kelapa sawit di Indonesia mulai berkembang. Perkebunan kelapa

sawit pertama berlokasi di Pantai Timur Sumatra (Deli) dan Aceh. Luas areal perkebunannya saat itu sebesar 5.123 ha. Indonesia mulai mengekspor minyak sawit pada tahun 1919 sebesar 576 ton ke negara-negara Eropa, kemudian tahun 1923 mulai mengekspor minyak inti sawit sebesar 850 ton (Fauzi et al., 2012).

### **2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi Kelapa Sawit**

Klasifikasi tanaman kelapa sawit menurut Pahan (2012), sebagai berikut:

Divisi	: Embryophyta Siphonagama
Kelas	: Angiospermae
Ordo	: Monocotyledonae
Famili	: Arecaceae (dahulu disebut Palmae)
Subfamili	: Cocoideae
Genus	: <i>Elaeis</i>
Spesies	: <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.

Morfologi tanaman Kelapa Sawit menurut PTPN VII (2006) dideskripsikan sebagai berikut :

#### **a. Akar**

Kelapa sawit merupakan tumbuhan monokotil yang tidak memiliki akar tunggang. Radikula (bakal akar) pada bibit terus tumbuh memanjang ke arah bawah selama enam bulan terus-menerus dan panjang akarnya mencapai 15 meter. Akar primer kelapa sawit terus berkembang.

Susunan akar kelapa sawit terdiri dari serabut primer yang tumbuh vertikal ke dalam tanah dan horizontal ke samping. Serabut primer ini akan bercabang menjadi akar sekunder ke atas dan ke bawah. Akhirnya, cabang-cabang ini juga akan bercabang lagi menjadi akar tersier, begitu seterusnya. Kedalaman perakaran tanaman kelapa sawit bisa mencapai 8 meter hingga 16 meter secara vertikal.

#### b. Batang

Tanaman kelapa sawit umumnya memiliki batang yang tidak bercabang. Pada pertumbuhan awal setelah fase muda (*seedling*) terjadi pembentukan batang yang melebar tanpa terjadi pemanjangan internodia (ruas). Titik tumbuh batang kelapa sawit terletak di pucuk batang, terbenam di dalam tajuk daun, berbentuk seperti kubis dan enak dimakan.

Pada batang tanaman kelapa sawit terdapat pangkal pelepah-pelepah daun yang melekat kukuh dan sukar terlepas walaupun daun telah kering dan mati. Pada tanaman tua, pangkal-pangkal pelepah yang masih tertinggal di batang akan terkelupas, sehingga batang kelapa sawit tampak berwarna hitam beruas.

#### c. Daun

Tanaman kelapa sawit memiliki daun (*frond*) yang menyerupai bulu burung atau ayam. Di bagian pangkal pelepah daun terbentuk dua baris duri yang sangat tajam dan keras di kedua sisinya. Anak-anak daun (*foliage leaflet*) tersusun berbaris dua sampai ke ujung daun. Di tengah-tengah setiap anak daun terbentuk lidi sebagai tulang daun.

#### d. Bunga dan buah

Tanaman kelapa sawit yang berumur tiga tahun sudah mulai dewasa dan mulai mengeluarkan bunga jantan atau bunga betina. Bunga jantan berbentuk lonjong memanjang, sedangkan bunga betina agak bulat. Tanaman kelapa sawit mengadakan penyerbukan silang (*cross pollination*). Artinya, bunga betina dari pohon yang satu dibuahi oleh bunga jantan dari pohon yang lainnya dengan perantara angin dan atau serangga penyerbuk.

Buah kelapa sawit tersusun dari kulit buah yang licin dan keras (*epicarp*), daging buah (*mesocarp*) dari susunan serabut (*fibre*) dan mengandung minyak, kulit biji (*endocarp*) atau cangkang atau tempurung yang berwarna hitam dan keras, daging biji (*endosperm*) yang berwarna putih dan mengandung minyak, serta lembaga (*embryo*).

Lembaga (*embryo*) yang keluar dari kulit biji akan berkembang ke dua arah, yaitu:

1. Arah tegak lurus ke atas (*phototropy*), disebut dengan *plumula* yang selanjutnya akan menjadi batang dan daun
2. Arah tegak lurus ke bawah (*geotrophy*) disebut dengan *radicula* yang selanjutnya akan menjadi akar.

*Plumula* tidak keluar sebelum radikulanya tumbuh sekitar 1 cm. Akar-akar adventif pertama muncul di sebuah ring di atas sambungan *radikula-hipokotil* dan seterusnya membentuk akar-akar sekunder sebelum daun pertama muncul. Bibit kelapa sawit memerlukan waktu 3 bulan untuk memantapkan dirinya

sebagai organisme yang mampu melakukan fotosintesis dan menyerap makanan dari dalam tanah.

Buah yang sangat muda berwarna hijau pucat. Semakin tua warnanya berubah menjadi hijau kehitaman, kemudian menjadi kuning muda, dan setelah matang menjadi merah kuning (orange). Jika sudah berwarna orange, buah mulai rontok dan berjatuhan (buah leles).

#### e. Biji

Setiap jenis kelapa sawit memiliki ukuran dan bobot biji yang berbeda. Biji dura afrika panjangnya 2-3 cm dan bobot rata-rata mencapai 4 gam, sehingga dalam 1 kg terdapat 250 biji. Biji dura deli memiliki bobot 13 gam per biji, dan biji tenera afrika rata-rata memiliki bobot 2 gam per biji.

Biji kelapa sawit umumnya memiliki periode dorman (masa non-aktif).

Perkecambahannya dapat berlangsung lebih dari 6 bulan dengan keberhasilan sekitar 50%. Agar perkecambahan dapat berlangsung lebih cepat dan tingkat keberhasilannya lebih tinggi, biji kelapa sawit memerlukan *pre-treatment*.

### 2.1.2 Varietas Kelapa Sawit.

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan tanaman monokotil yang tergolong dalam famili palmae. Tanaman kelapa sawit digolongkan berdasarkan ketebalan tempurung (cangkang) dan warna buah (Pahan, 2012).

Menurut Pahan (2012), berdasarkan ketebalan cangkang, tanaman kelapa sawit dibagi menjadi tiga varietas, yaitu:

1. Varietas Dura, dengan ciri-ciri yaitu ketebalan cangkangnya 2-8 mm, dibagian luar cangkang tidak terdapat lingkaran serabut, daging buahnya relatif tipis, dan daging biji besar dengan kandungan minyak yang rendah. Varietas ini biasanya digunakan sebagai induk betina oleh para pemulia tanaman.
2. Varietas Pisifera, dengan ciri-ciri yaitu ketebalan cangkang yang sangat tipis (bahkan hampir tidak ada). Daging buah pisifera tebal dan daging biji sangat tipis. Pisifera tidak dapat digunakan sebagai bahan baku untuk tanaman komersial, tetapi digunakan sebagai induk jantan oleh para pemulia tanaman untuk menyerbuki bunga betina.
3. Varietas Tenera merupakan hasil persilangan antara dura dan pisifera. Varietas ini memiliki ciri-ciri yaitu cangkang yang tipis dengan ketebalan 1,5 – 4 mm, terdapat serabut melingkar disekeliling tempurung dan daging buah yang sangat tebal. Varietas ini umumnya menghasilkan banyak tandan buah.

Berdasarkan warna buah, tanaman kelapa sawit terbagi menjadi 3 jenis yaitu:

1. Nigescens , dengan ciri-ciri yaitu buah mudanya berwarna ungu kehitam-hitaman, sedangkan buah yang telah masak berwarna jingga kehitam-hitaman.
2. Virescens, dengan ciri-ciri yaitu buah mudanya berwarna hijau, sedangkan buah yang telah masak berwarna jingga kemerah-merahan dengan ujung buah tetap berwarna hijau.
3. Albescens, dengan ciri-ciri yaitu buah mudanya berwarna keputih-putihan, sedangkan buah yang telah masak berwarna kekuning-kuningan dengan ujung buah berwarna ungu kehitaman (Adi, 2011).

### **2.1.3 Syarat Tumbuh Kelapa Sawit**

Kelapa sawit semula merupakan tanaman yang tumbuh liar di hutan – hutan, lalu dibudidayakan. Tanaman kelapa sawit memerlukan kondisi lingkungan yang baik agar mampu tumbuh dan berproduksi secara optimal. Keadaan iklim dan tanah merupakan faktor utama bagi pertumbuhan kelapa sawit, di samping faktor – faktor lainnya seperti sifat genetika, perlakuan budidaya, dan penerapan teknologi lainnya.

Kelapa sawit dapat tumbuh pada bermacam jenis tanah. Ciri tanah yang baik untuk kelapa sawit diantaranya gembur, aerasi dan drainase baik, kaya akan humus, dan tidak memiliki lapisan padas. Tanaman kelapa sawit cocok dibudidayakan pada pH 5,5 – 7,0. Curah hujan dibawah 1250 mm/th sudah merupakan pembatas pertumbuhan, karena dapat terjadi defisit air, namun jika curah hujan melebihi 2500 mm/th akan mempengaruhi proses penyerbukan sehingga kemungkinan terjadi aborsi bunga jantan maupun bunga jantan maupun bunga betina menjadi lebih tinggi. Ketinggian tempat yang baik untuk ditanam tanaman kelapa sawit yaitu antara 0 – 500 m dpl dengan kemiringan lereng sebesar 0 – 3 % (Tim Bina Karya Tani, 2009).

## **2.2 Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)**

Mikoriza merupakan suatu bentuk hubungan simbiosis mutualisme antara fungi tanah dengan akar tanaman. Simbiosis mutualisme ini membentuk hubungan yang saling menguntungkan antara fungi tanaman yang memperoleh nutrisi dari

hasil fotosintesis tanaman inang, dan tanaman inang dapat memperoleh unsur hara serta air yang sulit terjangkau akar melalui hifa fungi tersebut.

Menurut Sieverding (1991), FMA sangat bermanfaat bagi tanaman karena dapat meningkatkan penyerapan unsur hara terutama unsur fosfor. FMA yang teanarinfeksi pada akar dapat mengeluarkan enzim fosforase dan asam-asam organik, khususnya oksalat yang dapat membebaskan unsur fosfor yang terikat didalam tanah. Sehingga FMA dapat membantu masalah ketersediaan unsur fosfor melalui pengaruh langsung oleh jaringan hifa eksternal yang diproduksinya secara intensif, sehingga akar akan lebih intensif dalam menyerap unsur hara.

FMA berperan penting terhadap ketersediaan fosfor bagi tanaman. Hifa mikoriza dapat menyerap hara dari tanah yang tidak dapat diserap akar, sehingga FMA berpengaruh terhadap penyerapan hara yang tinggi di kondisi tanah yang ketersediaan haranya rendah. Pada kondisi fosfor yang cukup, akar tanaman dapat berperan sebagai organ yang menyerap hara, sehingga tanaman dapat mengakumulasi unsur fosfor dalam jumlah yang tinggi. Pada kondisi ini FMA akan tetap memperoleh senyawa C dari tanaman yang akan mempengaruhi metabolisme tanaman (Smith dan Read, 2008).

### **2.2.1 Kelompok Mikoriza**

Berdasarkan struktur tubuh dan cara fungi menginfeksi akar, mikoriza dapat dikelompokkan kedalam tiga tipe (Harijoko *et al.*, 2006), yaitu:

1. Ektomikoriza, merupakan asosiasi dari fungi Basidiomycetes dan lainnya yang membentuk bengkalan pada akar lateral pendek yang diselubungi oleh hifa.

Hifa tumbuh menjorok keluar dan berfungsi sebagai alat yang efektif dalam menyerap unsur hara serta air. Pada akar terdapat jaringan Hartig yaitu hifa yang mengitari epidermis atau sel korteks.

2. Ektendomikoriza, merupakan bentuk antara (intermediat) dengan ektomikoriza dan endomikoriza. Karakteristik fungi mikoriza ini adalah terdapatnya hartig net di dalam jaringan korteks serta terdapat mantel yang menyelubungi akar. Hifa dapat menginfeksi sel korteks dan dinding sel korteks. Penyebarannya terbatas didalam tanah-tanah hutan.
3. Endomikoriza, karakteristik fungi mikoriza ini antara lain yaitu akar yang terkena infeksi tidak membesar, lapisan hifa pada permukaan akar tipis, hifa menginfeksi sel jaringan korteks, adanya bentukan khusus yang berbentuk oval yang disebut vesikular dan sistem percabangan hifa yang dikotomi disebut arbuskular. Arbuskular merupakan tempat pertukaran metabolit antara fungi dan tanaman inang (Brundrett *et al.*, 1996).

### **2.2.2 Klasifikasi FMA**

Menurut Invam (2012) FMA dapat dikelompokan berdasarkan cara terbentuknya spora pada setiap genus, berikut dijelaskan terbentuknya spora yang dapat menjadi penciri genus pada FMA:

#### **1. Glomus**

Spora glomus merupakan hasil dari perkembangan hifa. Ujung dari hifa akan mengalami pembengkakan hingga terbentuknya spora. Perkembangan spora ini berasal dari hifa yang disebut *chlamidospora*. Pada Glomus juga dikenal

struktur yang dinamakan *sporocarp*. *Sporocarp* merupakan hifa yang bentuknya bercabang sehingga membentuk *chlamidospora*.

## 2. Paraglomus

Proses pembentukan spora paraglomus hampir sama dengan proses pembentukan spora pada glomus. Spora tersebut berasal dari ekspansi blastic dari ujung hifa. Untuk dapat membedakan spora glomus dan paraglomus harus dilakukan uji pewarnaan melzer's reagent. Paraglomus tidak bereaksi dalam reagent Melzer

## 3. Acalulospora

Spora yang terbentuk ditanah dengan bentuk globose, subglobose, ellipsoid maupun fusiformis. Awal proses pembentukan spora seperti dimulai dari ujung hifa, karena pada ujung hifa tersebut akan terjadi pembengkakan hifa yang strukturnya menyerupai spora atau disebut *saccule*. Kemudian dengan berkembangnya *saccule* tersebut akan disertai dengan munculnya bulatan kecil yang terbentuk diantara hifa terminus dan subtending hifa. Bulatan kecil itu akan berkembang disamping hifa terminus menjadi spora. Pada spora yang telah masak terdapat satu lubang yang dinamakan cicatric.

## 4. Entrophospora

Proses pembentukan spora Enterophospora hampir sama dengan proses pembentukan spora pada Acaulospora. Perbedaan keduanya terdapat pada proses perkembangan azygospora berada dalam blastik atau ditengah hifa terminus, sehingga akan terbentuk dua lubang yang simetris pada spora yang telah matang.

#### 5. Archaespora

Perkembangan spora pada genus archaespora merupakan perpaduan antara perkembangan spora genus glomus dan enterophospora atau acoulospora. Pada awalnya, diujung hifa akan terbentuk Sporiferous saccule. Selanjutnya, pada leher saccule atau subtending hifa akan berkembang pedicel atau percabangan hifa dari leher saccule. Pada ujung pedicel tersebut akan berkembang spora seperti halnya perkembangan spora pada glomus.

#### 6. Gigaspora

Struktur spora yang terbentuk berupa globose dan subglobose, berbentuk ovoid, pyriformis atau irregular. Spora pada genus gigaspora berasal dari ujung hifa (subtending hifa) yang membulat disebut suspensor. Kemudian diatas bulbose suspensor tersebut terbentuk spora, lalu spora tersebut terbentuk dari suspensor yang dinamakan azygospora.

#### 7. Scutellospora

Struktur spora yang terbentuk biasanya globose atau subglobose tetapi lebih sering berbentuk ovoid, obovoid, pyriformis, atau irregular. Proses terbentuknya spora pada scutellospora sama dengan pembentukan spora pada genus gigaspora. Pembeda genus gigaspora dengan scutellospora adalah pada scutellospora terdapat germination shield, dan pada saat berkecambah hifa akan keluar dari germanation shield tersebut.

### 2.2.3 Morfologi FMA

FMA membentuk organ-organ khusus dan mempunyai perakaran yang spesifik. Organ khusus tersebut adalah arbuskul (arbuscule), vesikular (vesicle) dan spora (Pattimahu, 2004).

#### 1. Vesikular (Vesicle)

Vesikular merupakan struktur fungi yang berasal dari pembengkalan hifa internal secara terminal dan interkalar, kebanyakan berbentuk bulat telur, dan berisi banyak senyawa lemak sehingga merupakan organ penyimpanan cadangan makanan dan pada kondisi tertentu dapat berperan sebagai spora atau alat untuk mempertahankan kehidupan fungi. Tipe FMA vesikular memiliki fungsi yang paling menonjol dari tipe fungi mikoriza lainnya. Hal ini dimungkinkan karena kemampuannya dalam berasosiasi dengan hampir 90 % jenis tanaman, sehingga dapat digunakan secara luas untuk meningkatkan probabilitas tanaman (Pattimahu, 2004).

#### 2. Arbuskul

Fungi ini dalam akar membentuk struktur khusus yang disebut arbuskular. Arbuskula merupakan hifa bercabang halus yang dibentuk oleh percabangan dikotomi yang berulang-ulang sehingga menyerupai pohon dari dalam sel inang (Pattimahu, 2004). Arbuskul merupakan percabangan dari hifa masuk ke dalam sel tanaman inang. Masuknya hara ini ke dalam sel tanaman inang diikuti oleh peningkatan sitoplasma, pembentukan organ baru, pembengkokan inti sel, peningkatan respirasi dan aktivitas enzim.

Hifa intraseluler yang telah mencapai sel korteks yang lebih dalam letaknya akan menembus dinding sel dan membentuk sistem percabangan hifa yang kompleks, tampak seperti pohon kecil yang mempunyai cabang-cabang yang dinamakan Arbuskul. Arbuskul berperan dua arah, yaitu antara simbiosis fungi dan tanaman inang.

Mosse dan Hepper (1975) mengamati bahwa struktur yang dibentuk pada akar-akar muda adalah Arbuskul. Dengan bertambahnya umur, Arbuskul ini berubah menjadi suatu struktur yang menggumpal dan cabang-cabang pada arbuskul lama kelamaan tidak dapat dibedakan lagi. Pada akar yang telah dikolonisasi oleh VMA dapat dilihat berbagai Arbuskul dewasa yang dibentuk berdasarkan umur dan letaknya. Arbuskul dewasa terletak dekat pada sumber unit kolonisasi tersebut.

### 3. Spora

Spora terbentuk pada ujung hifa eksternal. Spora ini dapat dibentuk secara tunggal, berkelompok atau di dalam sporokarp tergantung pada jenis fungsinya. Perkecambahan spora sangat sensitif tergantung kandungan logam berat di dalam tanah dan juga kandungan Al. Kandungan Mn juga mempengaruhi pertumbuhan miselium. Spora dapat hidup di dalam tanah beberapa bulan sampai sekarang beberapa tahun. Namun untuk perkembangan FMA memerlukan tanaman inang. Spora dapat disimpan dalam waktu yang lama sebelum digunakan lagi (Mosse, 1991).

#### 2.2.4 Faktor-Faktor yang Menentukan perkembangan FMA

Menurut Novriani dan Madjid (2009), perkembangan FMA ditentukan oleh faktor biotik dan abiotik. Faktor-faktor tersebut antara lain adalah suhu, tanah, kadar air tanah, pH, bahan organik tanah, intensitas cahaya dan ketersediaan hara. Berikut adalah penjelasan tentang faktor – faktor tersebut :

##### 1. Suhu

Suhu yang relatif tinggi akan meningkatkan aktivitas fungi. Proses perkecambahan pembentukan FMA melalui 3 tahap yaitu perkecambahan spora di tanah, penetrasi hifa ke dalam sel akar dan perkembangan hifa di dalam korteks akar. Suhu optimum untuk perkecambahan spora sangat beragam tergantung pada jenisnya (Mosse, 1991).

Suhu yang tinggi pada siang hari ( $35^{\circ}\text{C}$ ) tidak menghambat perkembangan akar dan aktivitas fisiologi FMA. Peran mikoriza hanya menurun pada suhu di atas  $40^{\circ}\text{C}$ . Suhu bukan merupakan faktor pembatas utama bagi aktivitas FMA. Suhu yang sangat tinggi lebih berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman inang (Mosse, 1991).

##### 2. Kadar Air tanah

Untuk tanaman yang tumbuh di daerah kering, adanya FMA menguntungkan karena dapat meningkatkan kemampuan tanaman untuk tumbuh dan bertahan pada kondisi yang kurang air. Adanya FMA dapat memperbaiki dan meningkatkan kapasitas serapan air tanaman inang. Hal ini manandakan

bahwa tanaman yang tidak berFMA memiliki evapotranspirasi yang lebih besar dari tanaman ber FMA.

Ada beberapa dugaan mengapa tanaman bermikoriza lebih tahan terhadap kekeringan diantaranya adalah : (1) adanya mikoriza menyebabkan resistensi akar terhadap gerakan air menurun sehingga transport air ke akar meningkat, (2) tanaman kahat P lebih peka terhadap kekeringan, adanya FMA menyebabkan status P tanaman meningkat sehingga menyebabkan daya tahan terhadap kekeringan meningkat pula, (3) adanya hifa eksternal menyebabkan tanaman ber FMA lebih mampu mendapatkan air daripada yang tidak ber FMA, tetapi jika mekanisme ini yang terjadi berarti kandungan logam-logam tanah lebih cepat menurun. Penemuan akhir-akhir ini yang menarik adalah adanya hubungan antara potensial air tanah dan aktivitas mikoriza. Pada tanaman ber mikoriza jumlah air yang dibutuhkan untuk memproduksi 1 gam bobot kering tanaman lebih sedikit dari pada tanaman yang tidak bermikoriza, karena itu (4) tanaman bermikoriza lebih tahan terhadap kekeringan barangkali karena pemakaian air yang lebih ekonomis, (5) pengaruh tidak langsung karena adanya miselium eksternal menyebabkan FMA mampu dalam mengagegasi butir-butir tanah sehingga kemampuan tanah menyimpan air meningkat (Rotwell, 1984).

### 3. pH tanah

Fungi pada umumnya lebih tahan terhadap perubahan pH tanah. Meskipun demikian daya adaptasi masing-masing spesies fungi FMA terhadap pH tanah

berbeda-beda karena pH tanah mempengaruhi perkecambahan, perkembangan dan peran mikoriza terhadap pertumbuhan tanaman (Mosse, 1991).

#### 4. Bahan Organik

Bahan organik merupakan salah satu komponen penyusun tanah yang penting disamping bahan anorganik, air dan udara. Jumlah spora FMA tampaknya berhubungan erat dengan kandungan bahan organik di dalam tanah. Jumlah maksimum spora ditemukan pada tanah-tanah yang mengandung bahan organik 1-2 % sedangkan pada tanah-tanah berbahan organik kurang dari 0.5 % kandungan spora sangat rendah (Anas, 1997).

Residu akar mempengaruhi ekologi fungi FMA, karena serasah akar yang terinfeksi mikoriza merupakan sarana penting untuk mempertahankan generasi FMA dari satu tanaman ke tanaman berikutnya. Serasah tersebut mengandung hifa, vesikular dan spora yang dapat menginfeksi akar tanaman dan dapat berfungsi sebagai inokulan untuk generasi tanaman berikutnya (Anas, 1997).

#### 5. Cahaya dan Ketersediaan Hara

Anas (1997) menyimpulkan bahwa intensitas cahaya yang tinggi dengan kekahatan nitrogen ataupun fospor sedang akan meningkatkan jumlah karbohidrat di dalam akar sehingga membuat tanaman lebih peka terhadap infeksi oleh cendawan FMA. Derajat infeksi terbesar terjadi pada tanah-tanah yang mempunyai kesuburan yang rendah. Pertumbuhan perakaran yang sangat aktif jarang terinfeksi oleh FMA. Jika pertumbuhan dan perkembangan akar menurun infeksi FMA meningkat.

Peran mikoriza yang erat dengan penyediaan P bagi tanaman menunjukkan keterikatan khusus antara mikoriza dan status P tanah. Pada wilayah beriklim sedang konsentrasi P tanah yang tinggi menyebabkan menurunnya infeksi FMA yang mungkin disebabkan konsentrasi P internal yang tinggi dalam jaringan inang (Anas, 1997).

### 2.3 Pupuk NPK

Unsur hara seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) merupakan unsur hara makro yang dibutuhkan oleh tanaman dengan jumlah yang relatif besar (di atas 1000 ppm) bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Ketiga jenis unsur hara tersebut terdapat didalam pupuk NPK yang merupakan pupuk majemuk, pupuk yang mengandung lebih dari ssatu unsur hara tanaman (Foth, 1984).

Nitrogen merupakan unsur hara yang banyak ditemukan didalam senyawa penting. Jika kekurangan unsur hara N ini maka pertumbuhan tanaman akan terhambat. Terdapat dua bentuk utama ion nitrogen yang dapat diserap dari dalam tanah, yaitu nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) dan ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Gejala yang ditimbulkan jika kekurangan nitrogen yaitu tanaman akan mengalami gejala klorosis pada daun tua. Tanaman yang mendapatkan nitrogen berlebihan akan memiliki daun berwarna hijau yang rimbun dengan sistem perakaran yang dangkal (Salisbury dan Ross, 1995).

Fosfor merupakan unsur yang terdapat disetiap tanah, walupun jumlahnya tidak sebanyak N dan K. Unsur ini diserap terutama oleh tanaman dalam bentuk ortofosfat primer ( $\text{H}^2\text{PO}_4^-$ ) kemudian dalam bentuk  $\text{HPO}_4^{2-}$  (Nyakpa *et al.*, 1988).

Pupuk fosfor sangat penting bagi pertumbuhan tanaman, tetapi jumlahnya sedikit didalam tanah karena terfiksasi. Menurut Hakim et al. (1986), unsur fosfor sangat penting dalam proses pembelahan sel dan perkembangan jaringan meristem sehingga akan merangsang pembentukan akar pada tanaman. Pertumbuhan akar yang baik memungkinkan serapan hara oleh tanaman lebih banyak sehingga akan membuat pertumbuhan semakin baik. Kekurangan fosfor berakibat buruk bagi tanaman karena dapat mempengaruhi proses metabolisme penting tanaman khususnya fotosintesis (Ashari, 1995).

Kalium merupakan unsur ketiga yang terpenting setelah nitrogen dan fosfor. Kalium merupakan pengaktif dari sejumlah besar ion yang penting untuk fotosintesis dan respirasi. Kalium juga mengaktifkan enzim yang diperlukan untuk pembentukan pati dan protein bagi tumbuhan. Kalium mudah disalurkan dari organ dewasa ke organ muda, sehingga gejala yang ditimbulkan akibat kekurangan unsur ini berupa nekrosis pada daun tua. Tanaman yang mengalami gejala kekurangan unsur kalium memiliki batang yang lemah dan akar yang mudah terserang oleh penyakit busuk akar yang menyebabkan tanaman mudah rebah (Salisbury dan Ross, 1995).